

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Noriyuki HARA, et al.

GAU:

SERIAL NO: NEW APPLICATION

EXAMINER:

FILED: HEREWITH

FOR: FLUX-CORED WIRE FOR GAS-SHIELDED ARC WELDING

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number _____, filed _____, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e):
Application No. Date Filed

☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

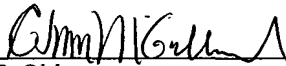
<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2002-218236	July 26, 2002

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. _____ filed _____
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number _____
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. _____ filed _____; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s) _____
☐ are submitted herewith
☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Norman F. Oblon

Registration No. 21,618
C. Irvin McClelland
Registration Number 21,124



22850

2740
05

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 7月26日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-218236

[ST.10/C]:

[JP 2002-218236]

出 願 人

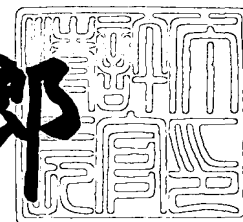
Applicant(s):

株式会社神戸製鋼所

2003年 5月27日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3040105

【書類名】 特許願

【整理番号】 02PK046

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 B23K 35/30

【発明の名称】 低合金耐熱鋼用ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤ

【請求項の数】 4

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市宮前字裏河内 1 0 0 番 1 株式会社神戸製鋼所藤沢事業所内

【氏名】 原 則行

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市宮前字裏河内 1 0 0 番 1 株式会社神戸製鋼所藤沢事業所内

【氏名】 後藤 明信

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県神戸市西区高塚台 1 丁目 5 番 5 号 株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

【氏名】 畑野 等

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市宮前字裏河内 1 0 0 番 1 株式会社神戸製鋼所藤沢事業所内

【氏名】 山下 賢

【特許出願人】

【識別番号】 000001199

【氏名又は名称】 株式会社神戸製鋼所

【代理人】

【識別番号】 100090158

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤巻 正憲

【電話番号】 03-3433-4221

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009782

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9700831

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 低合金耐熱鋼用ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 鋼製外皮にフラックスを充填してなる低合金耐熱鋼用ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤにおいて、ワイヤ全質量あたり、
C : 0.20質量%以下、Si : 0.06乃至1.10質量%、Mn : 0.55乃至1.60質量%、Cr : 2.60質量%以下、Mo : 0.30乃至1.50質量%、Mg : 0.20乃至1.50質量%、N : 0.005乃至0.035質量%及びB : 0.001乃至0.020質量%を含有し、前記フラックス中にワイヤ全質量あたり、 TiO_2 : 4.2乃至8.2質量%及び弗素化合物（但し、Fに換算した値） : 0.025乃至0.55質量%を含有し、更に、ワイヤ全質量あたり、Alが0.50質量%以下、Nbが0.015質量%以下、Vが0.015質量%以下に規制されていることを特徴とする低合金耐熱鋼用ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤ。

【請求項2】 前記Mn含有量は0.55乃至1.45質量%であることを特徴とする請求項1に記載の低合金耐熱鋼用ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤ。

【請求項3】 更に、ワイヤ全質量あたり、Ti : 0.005乃至0.3質量%及びZr : 0.002乃至0.3質量%からなる群から選択された少なくとも1種を含有することを特徴とする請求項1又は2に記載の低合金耐熱鋼用ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤ。

【請求項4】 更に、ワイヤ全質量あたり、Total Ti / Nの値 : 250乃至500を満たすことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の低合金耐熱鋼用ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、原子力、火力発電及び石油精製等の各種プラントに使用される低合

金耐熱鋼用ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤに関し、特に、長時間且つ高温条件下での溶接後熱処理（以下、Post Weld Heat Treatment：P W H Tという）を受けてもフェライトバンドの発生が少ないか、又は完全に抑制され、これにより、溶接金属の引張強度及び靱性が優れており、更に溶接作業性が優れた低合金耐熱鋼用ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤに関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

ガスシールドアーク溶接用ワイヤには、ソリッドワイヤとフラックス入りワイヤとがあり、フラックス入りワイヤは、ソリッドワイヤに比較してスパッタが少ないこと、ビード外観及びビード形状が良好であること、更に下向姿勢のみならず立向及び上向姿勢においても溶接作業性が良好であるといった種々の長所を有している。このため、低合金耐熱鋼の分野においてもフラックス入りワイヤの適用が進みつつある。

【 0 0 0 3 】

低合金耐熱鋼が使用される溶接構造物は、高温高圧で使用されるため、低合金耐熱鋼のガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤに対しては、そのような使用環境に対応し得る諸特性が要求される。更に、低合金耐熱鋼の溶接部は、溶接部の溶接残留応力及び残留水素の除去並びに機械的性質の改善等を目的として、通常、溶接部に対して何らかの P W H T が実施される。従って、このような目的で施される P W H T に伴う溶接部の性能劣化を防止し得る性能を有する低合金耐熱鋼のガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤが要求される。

【 0 0 0 4 】

しかしながら、従来の低合金耐熱鋼のガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤを使用した場合には、長時間、高温の P W H T を行った際に、溶接金属中に所謂フェライトバンドが発生して機械的性能が劣化するという問題点がある。具体的には、フェライトバンドの発生により溶接金属の引張強度が劣化するという問題がある。そして、フェライトバンドの発生原因は、溶接金属の凝固過程における成分偏析と P W H T 中における溶接金属中の炭素移動とに起因すると考えられている。

【 0 0 0 5 】

これに対して、従来、いくつかの解決策が提案されている。例えば、特公平 8-13432 号公報には、強力な炭化物形成元素である Nb 及び V を同時に添加することにより、溶接金属中の炭素移動を抑制してフェライトバンドの発生を抑制する技術が開示されている（以下、従来技術 1 という）。また、本発明者等は先に特開 2 0 0 1 - 3 1 4 9 9 6 号公報において、アークの安定性向上が溶接金属の合金成分の偏析を低減させてフェライトバンドの形成を抑制し、溶接金属の機械的性質を向上させ得るという知見に基づき、チタニヤ系フラックス入りワイヤにおいて、 TiO_2 、アルカリ金属化合物及び弗化物の各含有量をコントロールすることによりフェライトバンドの形成の抑制を図る技術を提案した（以下、従来技術 2 という）。一方、溶接金属の靱性の改善を図る技術として、特開昭 57-4397 号公報及び特公昭 62-19959 号公報には、ワイヤ中に N を適切量含有させた技術が開示されている（以下、従来技術 3 という）。更に、特公平 2-42313 号公報及び特公平 3-3558 号公報には、靱性を劣化させる原因が溶接金属中の Ti にあることに着目して、 TiO_2 及び金属 Ti の各含有量を両者間の所定制限条件下において規定するか、又は TiO_2 及び金属 Ti の各含有量を両者間の所定制限条件下において規定し更に N 含有量を適切な範囲に規定することにより、Ti の供給源であるフラックス中の TiO_2 及びワイヤ全量あたりの Ti 含有量を極力抑えたジルコニヤ系フラックス入りワイヤが開示されている（以下、従来技術 4 という）。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来技術 1 では、Nb 及び V 添加による炭素移動の抑制によりフェライトバンドの発生防止に効果はあるが、その反面 Nb 及び V は溶接金属の靱性を著しく劣化させる元素であるために、靱性の確保という点において不十分である。また、従来技術 2 は、一層高度な靱性の要求に対して十分に応えることは困難である。一方、従来技術 3 には、フェライトバンドの発生防止に関する技術は開示されていず、良好な靱性確保とフェライトバンドの発生防止乃至抑制技術は記載されていない。また、従来技術 4 は、ジルコニヤ系フラックス入りワイ

ヤであるため、チタニヤ系フラックス入りワイヤと比較して、立向及び上向姿勢での溶接作業性が劣る。

【0007】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたものであって、溶接作業性が良好であって、長時間、高温のP W H Tを受けても溶接金属にフェライトバンドの発生が少なく、靱性が優れた溶接金属が得られる低合金耐熱鋼用ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る低合金耐熱鋼用ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤは、鋼製外皮にフラックスを充填してなる低合金耐熱鋼用ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤにおいて、ワイヤ全質量あたり、C : 0.20質量%以下、Si : 0.06乃至1.10質量%、Mn : 0.55乃至1.60質量%、Cr : 2.60質量%以下、Mo : 0.30乃至1.50質量%、Mg : 0.20乃至1.50質量%、N : 0.005乃至0.035質量%及びB : 0.001乃至0.020質量%を含有し、前記フラックス中にワイヤ全質量あたり、 TiO_2 : 4.2乃至8.2質量%及び弗素化合物（但し、Fに換算した値） : 0.025乃至0.55質量%を含有し、更に、ワイヤ全質量あたり、Alが0.50質量%以下、Nbが0.015質量%以下、Vが0.015質量%以下に規制されていることを特徴とする。

【0009】

この低合金耐熱鋼用ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤにおいて、前記Mn含有量が0.55乃至1.45質量%であることが好ましい。また、ワイヤ全質量あたり、Ti : 0.005乃至0.3質量%及びZr : 0.002乃至0.3質量%からなる群から選択された少なくとも1種を含有することが好ましい。更に、本発明のワイヤにおいては、ワイヤ全質量あたり、Total Ti / Nの値が250乃至500を満たすことが一層好ましい。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の低合金耐熱鋼用ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤについて詳細に説明する。

【 0 0 1 1 】

本願発明者等は、前記課題を解決するため鋭意試験・研究を重ねた。先ず、低合金耐熱鋼に属する 1. 2 5 % C r - 0. 5 % M o 鋼用の従来品チタニヤ系フラックス入りワイヤに種々の水準量の N b 及び V を添加し、得られた夫々のフラックス入りワイヤを使用して 1. 2 5 % C r - 0. 5 % M o 鋼を溶接し、得られた溶接金属について、長時間、高温の P W H T を実施した後、詳細なミクロ組織観察を行なった。P W H T は 6 9 0 ° C で 9. 5 時間加熱保持した後、炉冷とした。このミクロ観察の結果、溶接金属の粒内と粒界とに、N b 及び V の他に、T i O₂ が還元されて生成した T i をも含有する種々の析出物の存在が認められ、これらの析出物によるピニング効果（原子・粒界の移動を阻止し、現在の状態に固定化する効果）によって、粒界の移動が固定され、その結果フェライトバンドの形成が抑制されていることを知見した。即ち、N b 及び／又は V を溶接金属中へ添加して N b 及び／又は V の炭化物を析出させ、P W H T 中における C 原子の移動を抑えることにより、フェライトバンドの形成を抑制するという従来の方法以外に、T i 等を含有する種々の析出物によるピニング効果により、P W H T 中における粒界の移動を抑えることにより、フェライトバンドの形成を抑制することができることを知見した。更に、本発明においては、ピニング材としての上記 T i の供給源として、チタニヤ系フラックス入りワイヤを使用し、溶接金属中に不可避免的に含有され、T i O₂ の還元により生成する T i を利用し、この T i を N と結合させて T i N の析出物を生成するために積極的に活用する。

【 0 0 1 2 】

本発明は、上述した知見及び着想に基づき、完成されたものであって、本発明の目的を達成するためには、下記事項を実施することが少なくとも必要である。

【 0 0 1 3 】

①フェライトバンドの形成を効果的に抑制するために、S i、M n、M g 及び弗素化合物を適切量溶接金属に添加して、T i O₂ の還元を促進すると共に、溶接金属に N を適切量添加して、T i O₂ からの還元生成 T i を T i N として析出

させること、

②溶接部の靱性向上を図るために、溶接部に適切な量の B を添加して、ミクロ組織の微細化を図ると共に、Nb 及び V が P W H T 中に針状炭化物となって析出して、溶接部の靱性劣化を起させないために、Nb 及び V の添加量を夫々規制すると共に、溶接金属の硬化及び脆化による靱性劣化を起させないために、Al の添加量を規制すること、そして、

③良好な溶接作業性を確保するために、 TiO_2 及び弗素化合物等のアーク安定剤の添加量の適切化、良好なスラグの粘性保持並びにスパッタ発生を防止することができるように、フラックス入りワイヤ中の成分組成を設計すること。

【0014】

以下に、本発明に係る低合金耐熱鋼用ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤの成分組成の限定理由について説明する。なお、本発明のフラックス入りワイヤの成分の含有量は、いずれもワイヤ全質量当たりの含有量である。

【0015】

「C 含有量：0.20 質量%以下」

C は焼入れ性を高めて、溶接金属の引張強度及び靱性を向上させる効果を有する。このため、鋼製外皮又はフラックスのいずれか一方又は両方に含有させる。しかし、C の含有量が 0.20 質量%を超えると、溶接金属の引張強度が過度に大きくなり、靱性が著しく低下する上、高温割れを引き起こす。従って、C の含有量は 0.20 質量%以下とする。なお、C をフラックスに含有させる場合は、グラファイト、クロムカーバイト、Si-C、高 C-Fe-Mn 又は高 C-Fe-Cr 等の C 単体又は合金類を使用する。

【0016】

「Si 含有量：0.06 乃至 1.10 質量%」

Si は溶接金属の脱酸剤として作用する。また、Si は溶接金属の粘性を高めて、ビード形状を整える効果を有する。更に、 TiO_2 の還元反応の促進及び B の溶接金属中への歩留を安定化させる効果を有する。これらの目的のために、鋼製外皮又はフラックスのいずれか一方又は両方に Si を含有させる。しかし、Si の含有量が 0.06 質量%未満では十分な脱酸効果が得られず、ブローホール

が発生し易くなる上、溶接金属の粘性が不足して、ビード形状が劣化する。更に、 TiO_2 の還元作用が不足して、フェライトバンドの形成抑制に寄与するTiNの量を確保することができない。また、Bの溶接金属中への歩留が低下して、ミクロ組織の微細化を図ることができず、靱性が低下する。一方、Siの含有量が1.10質量%を超えると、引張強度が過度に大きくなる上、 TiO_2 の還元量が過剰となり、固溶Tiの量が増加して靱性が劣化する。従って、Siの含有量は0.06乃至1.10質量%とする。なお、Siをフラックスに含有させる場合は、Fe-Si、Fe-Si-Mn又はFe-Si-Cr等の合金類を使用する。

【0017】

「Mn含有量：0.55乃至1.60質量%、好ましくは0.55乃至1.45質量%」

Mnは溶接金属の脱酸剤として作用すると共に、溶接金属の焼入れ性を高めて、引張強度及び靱性を向上させる効果を有する。また、Siと同様に、 TiO_2 の還元反応の促進及びBの溶接金属中への歩留を安定化させる効果を有する。これらの目的のために、鋼製外皮又はフラックスのいずれか一方又は両方にMnを含有させる。しかし、Mnの含有量が0.55質量%未満では十分な脱酸効果が得られず、ブローホールが発生し易くなる上、十分な引張強度が得られない。更に、 TiO_2 の還元作用が不足して、フェライトバンドの形成抑制に寄与するTiNの量を確保することができない。また、Bの溶接金属中への歩留が低下して、ミクロ組織の微細化を図ることができず、靱性が低下する。一方、Mnの含有量が1.60質量%を超えると、溶接金属の熔融金属の流動性が過度に大きくなり、立向及び上向溶接姿勢でのビード形状が著しく劣化する。また、引張強度が過度に大きくなる上、 TiO_2 の還元量が過剰となり、固溶Tiの量が増加して靱性が劣化する。従って、Mnの含有量は0.55乃至1.60質量%とする。なお、Mn含有量を1.45質量%以下とすることにより、ビード形状が一層良好となり好ましい。以上の目的のために、Mnをフラックスに含有させる場合は、金属Mn、Fe-Mn又はFe-Si-Mn等の金属単体又は合金類を使用する。

【 0 0 1 8 】

「C r 含有量：2. 6 0 質量%以下」

C r は低合金耐熱鋼の主要成分であり、溶接金属の引張強度を向上させる効果を有する。この効果を得る目的のために、C r を鋼製外皮又はフラックスのいずれか一方又は両方に含有させる。なお、C r の含有量は被溶接物の材質に応じて適宜調整する。一方、C r の含有量が2. 6 0 質量%を超えると、引張強度が過度に大きくなり、靱性が低下する。従って、C r の含有量は2. 6 0 質量%以下とする。なお、C r をフラックスに含有させる場合は、F e - C r 又は金属C r 等の合金類又は金属単体を使用する。

【 0 0 1 9 】

「M o 含有量：0. 3 0 乃至1. 5 0 質量%」

M o はC r と同様に、低合金耐熱鋼の主要成分であり、溶接金属の引張強度を向上させる効果を有する。M o は特に溶接金属の焼戻し軟化抵抗を高め、P W H T による引張強度低下を抑制する効果を有する。これらの効果を得る目的のために、M o を鋼製外皮又はフラックスのいずれか一方又は両方に含有させる。なお、M o の含有量は被溶接物の材質に応じて適宜調整する。しかし、M o の含有量が0. 3 0 質量%未満では十分な引張強度が得られない。一方、M o の含有量が1. 5 0 質量%を超えると、引張強度が過度に大きくなり、靱性が低下する。従って、M o の含有量は0. 3 0 乃至1. 5 0 質量%とする。なお、M o をフラックスに含有させる場合は、F e - M o 又は金属M o 等の合金類又は金属単体を使用する。

【 0 0 2 0 】

「M g 含有量：0. 2 0 乃至1. 5 0 質量%」

M g は溶接金属の強力な脱酸剤として作用し、靱性の向上を目的として含有させる。これらの作用・効果を得る目的のために、M g はフラックスに含有させることが好ましい。更に、M g はS i 及びM n と同様に、T i O₂ の還元反応の促進及びB の溶接金属中への歩留を安定化させる効果を有する。これらの目的のために、鋼製外皮又はフラックスのいずれか一方又は両方にM g を含有させる。しかし、M g の含有量が0. 2 0 質量%未満では十分な脱酸効果が得られず、プロ

ーホールが発生し易くなる上、酸素量が増加して靱性が低下する。また、 TiO_2 の還元作用が不足して、フェライトバンドの形成抑制に寄与する TiN の量を確保することができない。更に、 B の溶接金属中への歩留が低下して、ミクロ組織の微細化を図ることができず、靱性が低下する。一方、 Mg の含有量が1.50質量%を超えると、スパッタの発生量が増加すると共に、スラグの被包性が損なわれて、立向及び上向溶接姿勢でのビード形状が劣化する。また、 TiO_2 の還元量が過剰となり、固溶 Ti の量が増加して靱性が劣化する。従って、 Mg の含有量は0.20乃至1.50質量%とする。なお、 Mg 源としては、金属 Mg 、 $Si-Mg$ 又は $Ni-Mg$ 等の金属単体又は合金類を使用する。

【0021】

「 N 含有量：0.005乃至0.035質量%」

N は Ti と結合して窒化物 TiN となって析出することにより、溶接金属中のフェライトバンドの形成を抑制する効果を有する。また、固溶 Ti を窒化物として固定することにより靱性を向上させる効果も有する。この効果を得るために、 N を鋼製外皮又はフラックスのいずれか一方又は両方に含有させる。しかし、 N の含有量が0.005質量%未満では窒化物の析出量が不足してフェライトバンドの形成を抑制する効果が得られないと共に、固溶 Ti を低減することができず、靱性が劣化する。一方、 N の含有量が0.035質量%を超えると、固溶 N 量が増加して靱性が劣化する上、過剰な N がブローホールの発生原因となり、またスラグ剥離性の劣化原因となる。従って、 N の含有量は0.005乃至0.035質量%とする。なお、以上の目的のために、 N をフラックスに含有させる場合には、 $N-Cr$ 、 $N-Si$ 又は $N-Ti$ 等の金属窒化物を使用する。

【0022】

「 B 含有量：0.001乃至0.020質量%」

B は溶接金属のミクロ組織を微細化して、靱性を向上させる効果を有する。この効果を得るために、 B は鋼製外皮又はフラックスのいずれか一方又は両方に含有させる。しかし、 B の含有量が0.001質量%未満では靱性向上の十分な効果が得られない。一方、 B の含有量が0.020質量%を超えると、溶接金属に高温割れの発生を引き起こす。従って、 B の含有量は0.001乃至0.020

質量%とする。なお、以上の目的のために、Bをフラックスに含有させる場合には、 $\text{Fe}-\text{B}$ 若しくは $\text{Fe}-\text{Si}-\text{B}$ 等の合金類又は B_2O_3 といったBの酸化物のいずれの形態のものをも使用することができる。なお、Bの酸化物を使用する場合は、そのB換算値を使用して含有量を調整する。

【0023】

「 TiO_2 含有量：4.2乃至8.2質量%」

TiO_2 はスラグ形成剤の主要成分であり、またアーク安定剤として作用する。更に、 TiO_2 の一部はSi、Mn及びMg並びに次に述べる弗素化合物により還元されて生成したTiがNと結合してTiNとなって溶接金属中に析出し、フェライトバンドの形成の抑制に極めて有効に作用する。 TiO_2 はスラグ形成剤の主要成分であること、及び、上記 TiO_2 の一部の還元反応は、アーク中の高温雰囲気下において行われ易いので、 TiO_2 の還元反応を促進させることのためにフラックスに含有させる。しかし、 TiO_2 の含有量が4.2質量%未満ではアークの安定性が損なわれて、溶接作業性が実用に耐えられなくなる上、還元生成するTiの量が少なくなるので、TiNの析出量も少なくなり、フェライトバンドの形成抑制効果が不十分となる。一方、 TiO_2 含有量が8.2質量%を超えると、スラグの粘性が極めて大きくなり、スラグ巻き込み等の溶接欠陥の原因となる上、スラグ巻き込みにより溶接金属の酸素量が増加して靱性が劣化する。従って、 TiO_2 の含有量は4.2乃至8.2質量%とする。

【0024】

「弗素化合物（但し、F換算値）含有量：0.025乃至0.55質量%」

弗素化合物は、アーク安定剤として作用する。また、弗素化合物は、熔融スラグの融点を下げる作用を有し、その流動性及び被包性を向上させて、ビード形状を整える効果を有する。更に、弗素化合物は、アーク中で解離してガス化した弗素ガスが熔融金属の攪拌を促進するので、熔融金属中からのスラグの浮上・分離を促進し、溶接金属の酸素量を低減させる効果を有する。更に、前述したSi、Mn及びMgと同様に、 TiO_2 の還元促進作用により生成したTiとNとの結合により溶接金属中にTiNを析出させて、フェライトバンドの形成の抑制効果があり、またBの溶接金属中への歩留を安定化させる効果を有する。弗素化合物

はスラグ形成剤の一部であること、及び、上記 TiO_2 の一部の還元反応は、アーク中の高温雰囲気下において行われ易いので、 TiO_2 の還元反応を促進させることのためにフラックスに含有させる。この弗素化合物の含有量は、F 換算値で 0.025 質量%未満では、上述した効果が得られず、アークの安定性が損なわれて、スパッタ発生量が増大すると共に、ビード形状が劣化する。また、溶接金属中の酸素量の低減効果が不十分となって、ブローホールが発生し易くなる上、B の溶接金属中への歩留が低下してマイクロ組織の微細化を図ることができず、靱性が低下する。更に、 TiO_2 の還元が不十分となり、還元生成する Ti の量が少なくなるので、 TiN の析出量も少なくなり、フェライトバンドの形成抑制効果が不十分となる。一方、弗素化合物の F 換算値の含有量が 0.55 質量%を超えると、スラグの流動性が過大となり、スラグの被包性が損なわれてビード形状が著しく劣化する。従って、弗素化合物の含有量は、F 換算値で 0.025 乃至 0.55 質量%とする。なお、弗素化合物としては、 LiF 、 NaF 、 K_2SiF_6 、 CaF_2 、 MgF_2 、 BaF_2 若しくは CeF_3 又は CF_2 を含有する弗素油等を使用する。なお、 CF_2 を含有する弗素油は、潤滑剤としてワイヤの表面にコーティングしてもよい。

【0025】

「A1 含有量：0.50 質量%以下」

A1 は溶接金属の脱酸剤として作用するので、溶接ビードのブローホールの発生を防止する効果を有し、また溶滴の移行形態をスプレー化する作用を有する。上記作用・効果を得るために、A1 は鋼製外皮又はフラックスのいずれか一方又は両方に含有させる。しかし、A1 の含有量が 0.50 質量%を超えると、溶接金属が硬化すると共に脆化するため、引張強度が過度に大きくなり靱性が著しく劣化する。従って、A1 の含有量は 0.50 質量%以下とする。なお、A1 が Al_2O_3 の形態で存在しても高温のアーク中で解離すると考えられるので、 Al_2O_3 については A1 換算値とする。

【0026】

「Nb：0.015 質量%以下」

Nb は溶接金属中へ添加して、Nb の炭化物を析出させ、この析出物によって

、P W H T 中におけるC原子の移動を抑えることにより、フェライトバンドの形成を抑制するという効果を有する。しかしながら、N b はP W H T を受けることにより、Cと結合して針状の微細炭化物を形成するが、ワイヤ中のN b の含有量が0. 0 1 5 質量%を超えると、この針状炭化物は溶接金属の靱性を著しく劣化させる。従って、鋼製外皮及びフラックスの全質量あたり、N b 含有量（但し、N b 酸化物についてはN b 換算値）を0. 0 1 5 質量%以下に規制する。

【0 0 2 7】

「V : 0. 0 1 5 質量%以下」

VはN b と同様に、溶接金属中へ添加して、Vの炭化物を析出させ、この析出物によって、P W H T 中におけるC原子の移動を抑えることにより、フェライトバンドの形成を抑制するという効果を有する。しかしながら、VはP W H T を受けることにより、Cと結合して針状の微細炭化物を形成するが、ワイヤ中のVの含有量が0. 0 1 5 質量%を超えると、この針状炭化物は溶接金属の靱性を著しく劣化させる。従って、鋼製外皮及びフラックスの全質量あたり、V含有量（但し、V酸化物についてはV換算値）を0. 0 1 5 質量%以下に規制する。

【0 0 2 8】

「T i : 0. 0 0 5 乃至0. 3 質量%」

T i は溶接金属の脱酸剤として作用して、その靱性を向上させる効果を有する。また、T i はフェライトバンドの形成抑制に効果的な窒化物T i Nの形成元素として作用する。従って、一層の溶接金属の靱性向上及びフェライトバンドの形成抑制を図るためには、適切量のT i をワイヤに含有させることが好ましい。上記作用・効果を得る目的で、鋼製外皮又はフラックスのいずれか一方又は両方にT i を含有させる。この際、ワイヤ中のT i の含有形態として、鋼製外皮に含有させるT i 分は酸可溶T i の形態で含有させ、フラックスに含有させるT i 分は金属T i 又はF e - T i 等の金属単体又は合金類の形態で含有させる。このような含有形態のT i は、T i O₂の還元生成物として得られるT i とは異なり、ワイヤ中の脱酸剤であるS i、M n及びM g等、T i 以外の脱酸剤による還元を受けることなく熔融金属に添加することができ、従って、また歩留良く安定して添加することができるからである。なお、T i O₂中のT i は、酸不溶T i に属す

る。しかし、Tiの含有量が0.005質量%未満では靱性の一層の向上効果は得られない。一方、Tiの含有量が0.3質量%を超えると、引張強度が過度に大きくなる上に、固溶Ti量が増加して靱性が劣化する。従って、Tiの含有量は0.005乃至0.3質量%とする。

【0029】

「Zr：0.002乃至0.3質量%」

Zrは溶接金属の脱酸剤として作用して、その靱性を向上させる効果を有する。Zrをワイヤ中に含有させることにより、溶接金属の靱性を付加的に向上させることができる。従って、一層の靱性向上を図るためには、適切な量のZrをワイヤに含有させることが好ましい。この効果を得る目的で、Zrは鋼製外皮又はフラックスのいずれか一方又は両方に含有させる。しかし、Zrの含有量が0.002質量%未満では靱性の一層の向上効果は得られない。一方、Zrの含有量が0.3質量%を超えても特段の効果は認められない。従って、Zrの含有量は0.002乃至0.3質量%とする。なお、Zrをフラックスに含有させる場合には、金属Zr、Fe-Zr又はFe-Si-Zr等の金属単体又は合金類を使用する。

【0030】

ワイヤ中の上記Ti又はZrの含有は、相互に独立的に作用・効果を発揮するので、本発明に係るフラックス入りワイヤ中にTi及びZrのうちいずれか一方のみを含有させても、一層好ましいし、また両方を含有させれば更に一層好ましい。

【0031】

「Total Ti含有量/N含有量の値：250乃至500」

ワイヤ全質量あたりのTotal Ti含有量、即ちTiO₂中のTiと適宜含有させる鋼製外皮及び／又はフラックス中の全Tiとの合計含有量と、ワイヤ全質量あたりのNとの比であるTotal Ti含有量/N含有量の値が、250乃至500となるように、各成分の含有量を調整することによって、溶接金属中の固溶Ti及び固溶Nの両者が共に低減され、より一層の靱性向上が達成される。

【0032】

なお、本発明に係る低合金耐熱鋼用ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤにおいては、上記成分組成を満足すれば目的とするフラックス入りワイヤが得られるので、ワイヤ全質量あたりのスラグ造滓剤（又はスラグ形成剤）の含有量（総含有量）及びその成分組成は特に規定しない。ここで、スラグ造滓剤とは、非金属成分を含有し、ガスシールドアーク溶接において溶融金属を溶接部の外部雰囲気から保護し被覆するための源となる成分を指す。具体的には、前述したワイヤの成分組成のうち含有量が限定されている成分又はこの成分の構成成分の一部である TiO_2 、弗素化合物、 Al_2O_3 、Bの酸化物、Nbの酸化物及びVの酸化物、スラグ塩基度の調整又はスラグの融点、粘性及び流動性の微調整のために使用する ZrO_2 、 SiO_2 、 CaO 及び MgO 、並びに、アーク状態の微調整のために使用する K_2O 及び Na_2O 等である。

【 0 0 3 3 】

本発明に係るフラックス入りワイヤのフラックス充填率は、特に規定しないが、ワイヤの生産性、例えば成型及び伸線時の断線等を考慮して適宜設定することができる。フラックス充填率として、例えば11.0乃至18.0質量%が好ましい。

【 0 0 3 4 】

また、シールドガスとしては、100% CO_2 ガスの他、Arガスと CO_2 ガスとの混合ガス、Arガスと O_2 ガスとの混合ガス、並びに、Arガスと CO_2 ガスと O_2 ガスとの3種混合ガス等いずれでもよく、またいずれの組成も使用可能である。また、鋼製外皮は被溶接材の成分組成に応じて選定することが好ましく、軟鋼又は合金鋼を使用することができる。一方、ワイヤの断面形状は特に規定する必要はなく、合わせ目があってもなくてもいずれでもよい。

【 0 0 3 5 】

更に、本発明に係るフラックス入りワイヤには、被溶接物の要求性能に応じて、上記以外の成分として、例えばCu、Ni、Co及びW等を適宜含有させることができる。また、ワイヤの断面形状に合わせ目がない場合には、ワイヤ表面にCuメッキ若しくはNiメッキ又はこれらの複合メッキを施すこともできる。

【 0 0 3 6 】

【実施例】

次に、本発明の実施例の効果について、本発明の範囲から外れる比較例と比較して説明する。

【0037】

下記表1及び2に示す化学成分組成を有する軟鋼（鋼皮区分A又はB）又はCr-Mo鋼（鋼皮区分C又はD）製外皮を使用して、下記表3乃至11に示すフラックス入りワイヤを製作した。ワイヤの直径は全て1.2mmとした。これらのフラックス入りワイヤを使用し、被溶接材として、図1に示す開先形状の板厚1.9mmの低合金耐熱鋼である0.5%Mo鋼（A204 Gr. A）、1.25%Cr-0.5%Mo鋼（A387 Gr. 11 Cl. 2）又は2.25%Cr-1.0%Mo鋼（A387 Gr. 22 Cl. 2）のいずれかの鋼板1を、ガスシールドアーク溶接により、突合せ溶接した。溶接条件は、下記表12又は13に示すとおりであり、表12は溶接金属の性能評価試験を対象としたときの溶接条件、そして表13は溶接作業性の評価試験を対象としたときの溶接条件である。なお、上記開先形状は、45°V字開先、ルートギャップ1.3mmである。

【0038】

試験項目及び溶接試験による評価項目は、下記のとおりである。

【0039】

（1）溶接金属の性能評価試験

表12に示した下向姿勢の溶接条件により、表3乃至6に示した比較例1乃至29、及び表7乃至11に示した実施例1乃至35の各フラックス入りワイヤを使用して溶接金属を作製後、溶接金属の放射線透過試験を行った。放射線透過試験がJIS Z3104 1類であれば良好とし、これ以外は不良とした。

【0040】

一方、PWHTを施した後に、溶接金属についての引張試験及びシャルピー衝撃試験を行った。このPWHTの条件は、被溶接材の材質が0.5Mo鋼である実施例7のみは620℃で1時間保持した後、炉冷し、その他は全て690℃で1時間保持した後、炉冷した。引張試験により引張強度、0.2%耐力及び伸び

を測定し、各機械試験値の引張性能の合格範囲は、被溶接試験材の材質（後述する試験結果を示す表 1 5 乃至 2 3 中に示す被溶接材の「試験板鋼種」）毎に定め、表 1 4 に比較例番号又は実施例番号と対応させて示す。また、シャルピー衝撃試験は 2 mm V ノッチの 4 号シャルピー試験片の温度が -18°C における吸収エネルギーを、3 本の平均値で求め、衝撃性能の合格範囲はその平均値が 55 J 以上、即ち $2\text{ mm V E}_{-18^{\circ}\text{C}}(\text{Avg.}) \geq 55\text{ J}$ とした。

【0041】

また、別途長時間、高温条件の P W H T を施した後に、溶接金属についてフェライトバンドの発生有無を検査する試験をした。この場合の P W H T の条件は、被溶接材の材質が 0.5 % M o 鋼、1.25 % C r - 0.5 % M o 鋼に対しては、 690°C で 9.5 時間保持した後、炉冷し、2.25 % C r - 1.0 % M o 鋼に対しては、 690°C で 15.3 時間保持した後、炉冷した。なお、使用した被溶接材の材質種別（試験板鋼種）及びシールドガスの組成は、後述する試験結果を示す表 1 5 乃至 2 3 に示す。フェライトバンドの発生有無の検査は、溶接金属の断面ミクロ組織観察用試験片を、P W H T 後の試験板溶接金属部分から溶接線方向に等間隔で 6 個採取し、鏡面研磨及びエッチングの後、光学顕微鏡で観察し、フェライトバンドの発生の有無を検査した。フェライトバンドの形成抑制性能に関するワイヤ評価は、6 断面中にフェライトバンドが認められなかったものを合格とし、1 断面でもフェライトバンドが認められたものは不合格とした。なお、溶接金属の化学成分組成分析も行った。

【0042】

(2) 溶接作業性の評価試験

溶接作業性の評価試験は、上記 (1) 項の下向姿勢での溶接金属作製の他に、表 1 3 に示した条件の立向すみ肉溶接も行い、表 3 乃至 6 に示した比較例 1 乃至 2 9、及び表 6 乃至 1 1 に示した実施例 1 乃至 3 3 の各フラックス入りワイヤを使用して行った。溶接作業性の評価は、溶接時のアークの安定性、スラグ剥離性、スパッタ発生量及びビード形状を官能評価した。

【0043】

上述した全ての試験結果及び評価結果を、表 1 5 乃至 2 3 に示す。

【 0 0 4 4 】

【表 1】

(質量%)

鋼種	外皮区分	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
軟鋼	A	0.036	<0.01	0.20	0.012	0.007	0.013	0.014	0.020
	B	0.010	<0.01	0.25	0.006	0.004	0.011	0.012	0.019
Cr-Mo鋼	C	0.025	0.50	1.14	0.003	0.007	0.012	0.084	1.39
	D	0.031	0.48	1.10	0.007	0.005	0.013	0.031	2.44

【 0 0 4 5 】

【表 2】

(質量%)

鋼種	外皮区分	Mo	Al	Ti	Nb	V	B	N	Mg
軟鋼	A	0.005	0.038	<0.002	0.003	<0.002	<0.0002	0.0024	<0.002
	B	0.002	0.008	<0.002	0.003	<0.002	<0.0002	0.0033	<0.002
Cr-Mo鋼	C	0.48	0.004	0.002	0.003	0.003	<0.0002	0.0080	<0.002
	D	1.10	0.002	<0.002	0.003	0.004	<0.0002	0.0090	<0.002

【0 0 4 6】

【表 3】

ワイヤNo.		比較例1	比較例2	比較例3	比較例4	比較例5	比較例6	比較例7	比較例8
外皮区分		B	B	B	B	B	B	B	B
フラックス率(質量%)		17.0	17.0	17.0	14.0	14.0	16.0	16.0	16.0
スラグ造さい剤合計(質量%)		8.228	8.228	8.228	6.776	6.776	7.696	7.744	7.760
ワイヤ組成 (質量%)	C	0.218	0.039	0.040	0.038	0.055	0.042	0.042	0.037
	Si	0.664	0.051	1.415	0.537	0.566	0.615	0.593	0.424
	Mn	1.451	1.381	1.387	0.541	1.623	1.369	1.373	1.364
	P	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
	S	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
	Cu	0.009	0.010	0.009	0.010	0.010	0.009	0.010	0.009
	Ni	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
	Cr	1.525	1.322	1.325	1.267	1.267	2.659	1.396	2.396
	Mo	0.502	0.502	0.502	0.413	0.413	0.953	0.292	1.524
	Al	Al(外皮, 合金粉)	0.011	0.007	0.033	0.011	0.011	0.011	0.011
		Al ₂ O ₃ (Al量換算)	0.045	0.045	0.045	0.037	0.037	0.028	0.042
		合計	0.056	0.052	0.078	0.048	0.048	0.039	0.053
	Nb	Ti	0.001	0.001	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001
		Nb(外皮, 合金粉)	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
		Nb ₂ O ₅ (Nb量換算)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	V	合計	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
		V(外皮, 合金粉)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		V ₂ O ₅ (V量換算)	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003
	B	合計	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004
		B(外皮, 合金粉)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		B ₂ O ₃ (B量換算)	0.008	0.008	0.008	0.007	0.007	0.008	0.007
	スラグ造さい剤	合計	0.008	0.008	0.008	0.007	0.007	0.008	0.007
		N	0.014	0.015	0.015	0.013	0.013	0.014	0.014
		Mg	0.798	0.798	0.798	0.657	0.657	0.751	0.639
	スラグ造さい剤	Zr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		TiO ₂	7.320	7.320	7.320	6.028	6.028	6.889	6.889
		SiO ₂	0.386	0.386	0.386	0.318	0.318	0.255	0.360
		Al ₂ O ₃	0.085	0.085	0.085	0.070	0.070	0.052	0.080
		ZrO ₂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011
		MgO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.156	0.000
		V ₂ O ₅	0.007	0.007	0.007	0.005	0.005	0.006	0.006
		Nb ₂ O ₅	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Na ₂ O	0.050	0.050	0.050	0.041	0.041	0.042	0.044
		K ₂ O	0.039	0.039	0.039	0.032	0.032	0.024	0.037
		CaO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
		B ₂ O ₃	0.027	0.027	0.027	0.022	0.022	0.026	0.023
		弗素	NaF	0.000	0.000	0.000	0.000	0.075	0.000
		化合物	K ₂ SiF ₆	0.304	0.304	0.304	0.250	0.250	0.080
			CeF ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.066	0.000
			CaF ₂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016
		物	合計(F量換算)	0.157	0.157	0.157	0.130	0.130	0.094
		その他	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008	0.023	0.009
		Total Ti/ N	313	287	290	276	277	287	287

【0047】

【表 4】

ワイヤNo.		比較例9	比較例10	比較例11	比較例12	比較例13	比較例14	比較例15
外皮区分		B	B	B	B	B	B	B
フラックス率(質量%)		18.0	18.0	15.0	15.0	15.0	15.0	13.0
スラグ造さい剤合計(質量%)		8.334	8.712	6.795	7.245	6.795	6.495	7.072
ワイヤ組成 (質量%)	C	0.046	0.051	0.044	0.044	0.044	0.044	0.040
	Si	0.670	0.459	0.383	0.383	0.383	0.383	0.329
	Mn	0.975	1.520	1.310	1.309	1.310	1.311	1.204
	P	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008	0.007
	S	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004
	Cu	0.010	0.009	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
	Ni	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
	Cr	1.568	1.623	1.356	1.356	1.356	1.356	1.157
	Mo	0.565	0.531	0.443	0.443	0.443	0.443	0.384
	Al	Al(外皮, 合金粉)	0.020	0.465	0.007	0.007	0.007	0.007
		Al ₂ O ₃ (Al量換算)	0.490	0.048	0.040	0.047	0.040	0.039
		合計	0.510	0.513	0.047	0.054	0.047	0.040
	Ti	Ti	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		Nb(外皮, 合金粉)	0.002	0.002	0.016	0.009	0.002	0.002
		Nb ₂ O ₅ (Nb量換算)	0.000	0.000	0.001	0.008	0.001	0.010
		合計	0.002	0.002	0.017	0.017	0.003	0.012
	V	V(外皮, 合金粉)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.013	0.001
		V ₂ O ₅ (V量換算)	0.003	0.004	0.005	0.012	0.005	0.015
		合計	0.004	0.005	0.006	0.013	0.018	0.016
	B	B(外皮, 合金粉)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		B ₂ O ₃ (B量換算)	0.009	0.009	0.007	0.007	0.007	0.000
		合計	0.009	0.009	0.007	0.007	0.007	0.000
	N		0.016	0.016	0.014	0.014	0.014	0.010
	Mg		0.845	0.845	0.704	0.599	0.704	1.169
	Zr		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	スラグ造さい剤	TiO ₂	6.474	7.750	5.967	5.083	5.967	5.489
		SiO ₂	0.457	0.409	0.349	1.558	0.349	0.401
		Al ₂ O ₃	0.927	0.090	0.075	0.088	0.075	0.073
		ZrO ₂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		MgO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		V ₂ O ₅	0.006	0.007	0.008	0.021	0.008	0.026
		Nb ₂ O ₅	0.000	0.000	0.002	0.011	0.002	0.014
		Na ₂ O	0.059	0.053	0.044	0.044	0.044	0.044
		K ₂ O	0.047	0.041	0.035	0.035	0.035	0.035
		CaO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		B ₂ O ₃	0.029	0.029	0.024	0.024	0.024	0.024
		弗素化合物	NaF	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			K ₂ SiF ₆	0.322	0.322	0.268	0.268	0.268
			CeF ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			CaF ₂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		合計(F量換算)	0.167	0.167	0.139	0.139	0.139	0.120
		その他	0.013	0.010	0.023	0.112	0.023	0.119
	Total Ti/ N		244	293	259	221	259	238

【0048】

【表 5】

ワイヤNo.		比較例16	比較例17	比較例18	比較例19	比較例20	比較例21	比較例22
外皮区分		B	B	B	B	B	B	B
フラックス率(質量%)		13.0	13.0	13.0	13.0	15.0	15.5	14.0
スラグ造さい剤合計(質量%)		7.462	7.085	7.189	7.267	7.260	7.502	7.686
ワイヤ組成 (質量%)	C	0.040	0.040	0.039	0.040	0.044	0.045	0.042
	Si	0.329	0.329	0.321	0.362	0.383	0.394	0.359
	Mn	1.203	1.204	1.166	1.165	1.056	1.080	1.236
	P	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
	S	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
	Cu	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
	Ni	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
	Cr	1.157	1.157	1.102	1.377	1.356	1.392	1.281
	Mo	0.384	0.384	0.384	0.384	0.443	0.457	0.413
	Al	Al(外皮, 合金粉)	0.007	0.010	0.007	0.007	0.007	0.007
		Al ₂ O ₃ (Al量換算)	0.039	0.033	0.035	0.035	0.041	0.294
		合計	0.046	0.043	0.042	0.042	0.048	0.301
	Nb	Ti	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		Nb(外皮, 合金粉)	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
		Nb ₂ O ₅ (Nb量換算)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		合計	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	V	V(外皮, 合金粉)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		V ₂ O ₅ (V量換算)	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
		合計	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003
	B	B(外皮, 合金粉)	0.000	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000
		B ₂ O ₃ (B量換算)	0.022	0.001	0.006	0.006	0.007	0.008
		合計	0.022	0.023	0.006	0.006	0.007	0.008
	N	N	0.010	0.010	0.003	0.037	0.014	0.015
		Mg	1.169	1.169	0.519	0.519	0.180	0.657
		Zr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	スラグ造さい剤	TiO ₂	6.494	6.494	6.494	6.494	6.459	6.674
		SiO ₂	0.439	0.241	0.296	0.296	0.341	0.352
		Al ₂ O ₃	0.074	0.062	0.066	0.066	0.075	0.078
		ZrO ₂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		MgO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		V ₂ O ₅	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.004
		Nb ₂ O ₅	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Na ₂ O	0.101	0.015	0.039	0.039	0.044	0.046
		K ₂ O	0.035	0.028	0.030	0.030	0.035	0.036
		CaO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		B ₂ O ₃	0.069	0.002	0.021	0.021	0.024	0.025
		弗素	NaF	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		化合物	K ₂ SiF ₆	0.233	0.233	0.233	0.268	0.277
			CeF ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			CaF ₂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		物	合計(F量換算)	0.120	0.120	0.120	0.148	0.139
		その他	0.012	0.004	0.006	0.013	0.008	0.008
		Total Ti/ N	400	399	1326	105	280	306

【0049】

【表 6】

ワイヤNo.		比較例23	比較例24	比較例25	比較例26	比較例27	比較例28	比較例29
外皮区分		B	B	B	B	B	B	B
フラックス率(質量%)		14.0	13.0	16.0	16.0	14.0	18.0	14.0
スラグ造さい剤合計(質量%)		9.002	7.644	8.848	7.744	6.874	8.694	8.036
ワイヤ組成 (質量%)	C	0.034	0.040	0.046	0.047	0.042	0.047	0.041
	Si	0.367	0.332	0.395	0.049	0.360	0.325	0.343
	Mn	1.230	1.165	1.266	0.502	1.140	1.033	1.275
	P	0.006	0.007	0.007	0.006	0.007	0.007	0.007
	S	0.005	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004
	Cu	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
	Ni	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
	Cr	1.356	1.178	1.396	1.378	1.281	1.153	1.292
	Mo	0.413	0.384	0.472	0.472	0.413	0.531	0.413
	Al	Al(外皮, 合金粉)	0.013	0.007	0.007	0.007	0.007	0.465
		Al ₂ O ₃ (Al量換算)	0.029	0.035	0.042	0.043	0.132	0.048
		合計	0.042	0.042	0.049	0.050	0.139	0.049
	Nb	Ti	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		Nb(外皮, 合金粉)	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
		Nb ₂ O ₅ (Nb量換算)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	V	合計	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
		V(外皮, 合金粉)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		V ₂ O ₅ (V量換算)	0.004	0.004	0.004	0.003	0.002	0.004
	B	合計	0.005	0.005	0.005	0.004	0.003	0.005
		B(外皮, 合金粉)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		B ₂ O ₃ (B量換算)	0.008	0.006	0.007	0.008	0.008	0.023
	スラグ造さい剤	合計	0.008	0.006	0.007	0.008	0.008	0.023
		N	0.013	0.012	0.014	0.014	0.015	0.038
		Mg	0.559	0.610	0.639	0.799	0.657	1.259
	スラグ造さい剤	Zr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		TiO ₂	8.322	7.143	7.193	6.889	4.126	7.750
		SiO ₂	0.271	0.289	0.355	0.363	1.042	0.399
		Al ₂ O ₃	0.055	0.065	0.080	0.080	0.249	0.090
		ZrO ₂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		MgO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		V ₂ O ₅	0.007	0.006	0.006	0.006	0.004	0.007
		Nb ₂ O ₅	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Na ₂ O	0.046	0.036	0.044	0.047	0.103	0.049
		K ₂ O	0.019	0.030	0.037	0.037	0.085	0.041
		CaO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		B ₂ O ₃	0.025	0.019	0.023	0.026	0.025	0.075
		弗素化	NaF	0.000	0.000	0.000	0.606	0.000
		合	K ₂ SiF ₆	0.250	0.039	1.097	0.286	0.557
		物	CeF ₃	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000
		合計(F量換算)	CaF ₂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		その他	合計(F量換算)	0.130	0.023	0.568	0.148	0.562
		Total Ti/ N	0.006	0.007	0.013	0.009	0.078	0.009
			384	348	298	305	166	121
								111

【0050】

【表 7】

ワイヤNo.		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7
外皮区分		A	B	B	B	B	B	B
フラックス率(質量%)		15.0	15.0	15.0	18.0	18.0	13.0	14.0
スラグ造さい剤合計(質量%)		7.260	7.260	7.245	8.910	8.910	6.565	7.140
ワイヤ組成 (質量%)	C	0.170	0.036	0.037	0.044	0.043	0.035	0.036
	Si	0.487	0.073	0.841	0.417	0.271	0.357	0.379
	Mn	0.640	1.217	0.817	0.569	1.573	1.008	1.074
	P	0.012	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007	0.006
	S	0.007	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
	Cu	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
	Ni	0.012	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
	Cr	1.125	1.293	1.294	1.548	1.548	2.524	0.113
	Mo	0.380	0.443	0.443	0.531	0.531	0.978	0.466
	Al	0.033	0.007	0.022	0.007	0.007	0.008	0.007
	Al ₂ O ₃ (Al量換算)	0.040	0.040	0.040	0.048	0.048	0.035	0.038
	Al合計	0.073	0.047	0.062	0.055	0.055	0.043	0.045
	Ti	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
	Nb	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	Nb ₂ O ₅ (Nb量換算)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Nb合計	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	V	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	V ₂ O ₅ (V量換算)	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003	0.003
	V合計	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.004	0.004
	B	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	B ₂ O ₃ (B量換算)	0.007	0.007	0.007	0.009	0.009	0.007	0.007
	B合計	0.007	0.007	0.007	0.009	0.009	0.007	0.007
	N	0.012	0.013	0.013	0.015	0.015	0.011	0.015
	Mg	0.599	0.599	0.599	0.719	0.719	0.519	0.559
	Zr	0.109	0.033	0.033	0.261	0.163	0.118	0.127
	TiO ₂	6.459	6.459	5.994	7.553	7.553	5.455	5.874
	SiO ₂	0.341	0.341	0.341	0.467	0.467	0.301	0.324
	Al ₂ O ₃	0.075	0.075	0.075	0.090	0.090	0.066	0.071
	ZrO ₂	0.000	0.000	0.000	0.299	0.299	0.129	0.139
	MgO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.250	0.269
	V ₂ O ₅	0.006	0.006	0.005	0.007	0.007	0.005	0.005
	Nb ₂ O ₅	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Na ₂ O	0.044	0.044	0.044	0.053	0.053	0.039	0.041
	K ₂ O	0.035	0.035	0.035	0.041	0.041	0.030	0.032
	CaO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.003
	B ₂ O ₃	0.024	0.024	0.024	0.029	0.029	0.022	0.023
	弗素 NaF	0.000	0.000	0.141	0.169	0.169	0.122	0.132
	素 K ₂ SiF ₆	0.268	0.268	0.119	0.143	0.143	0.103	0.111
	化 CeF ₃	0.000	0.000	0.374	0.000	0.000	0.000	0.058
	合 CaF ₂	0.000	0.000	0.000	0.035	0.035	0.025	0.027
	物 合計(F量換算)	0.139	0.139	0.234	0.168	0.168	0.121	0.147
	その他	0.008	0.008	0.093	0.022	0.022	0.016	0.029
	Total Ti/ N	320	301	281	306	307	286	234

【0051】

【表 8】

ワイヤNo.		実施例8	実施例9	実施例10	実施例11	実施例12	実施例13	実施例14
外皮区分		A	B	B	B	B	B	B
フラックス率(質量%)		17.0	16.0	16.0	13.0	15.5	15.5	15.5
スラグ造さい剤合計(質量%)		8.636	8.272	8.368	7.111	7.549	7.564	7.564
ワイヤ組成 (質量%)	C	0.064	0.048	0.047	0.040	0.046	0.045	0.046
	Si	0.462	0.624	0.536	0.404	0.526	0.393	0.532
	Mn	1.202	1.379	1.379	1.077	1.343	1.228	1.228
	P	0.011	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
	S	0.008	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
	Cu	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
	Ni	0.012	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
	Cr	2.482	1.445	1.278	1.158	1.280	1.214	1.354
	Mo	1.068	0.472	0.472	0.408	0.457	0.457	0.457
	Al	0.032	0.167	0.007	0.007	0.008	0.007	0.007
	Al ₂ O ₃ (Al量換算)	0.046	0.295	0.043	0.033	0.041	0.041	0.041
	Al合計	0.078	0.462	0.050	0.041	0.049	0.050	0.048
	Ti	0.072	0.068	0.068	0.001	0.236	0.066	0.066
	Nb	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
	Nb ₂ O ₅ (Nb量換算)	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
	Nb合計	0.002	0.002	0.006	0.002	0.002	0.002	0.002
	V	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	V ₂ O ₅ (V量換算)	0.004	0.003	0.007	0.003	0.003	0.003	0.003
	V合計	0.005	0.004	0.008	0.004	0.004	0.004	0.004
	B	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000
	B ₂ O ₃ (B量換算)	0.009	0.008	0.008	0.002	0.008	0.009	0.009
	B合計	0.009	0.008	0.008	0.002	0.018	0.009	0.009
	N	0.013	0.014	0.019	0.007	0.023	0.006	0.033
	Mg	0.849	0.751	0.751	0.234	0.728	0.728	0.728
	Zr	0.154	0.145	0.116	0.000	0.112	0.028	0.112
	TiO ₂	7.133	6.889	7.135	6.494	6.674	6.674	6.674
	SiO ₂	0.394	0.363	0.384	0.255	0.352	0.360	0.360
	Al ₂ O ₃	0.086	0.558	0.080	0.063	0.078	0.078	0.078
	ZrO ₂	0.168	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	MgO	0.326	0.000	0.156	0.000	0.000	0.000	0.000
	V ₂ O ₅	0.006	0.006	0.012	0.006	0.006	0.006	0.006
	Nb ₂ O ₅	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
	Na ₂ O	0.050	0.049	0.047	0.021	0.046	0.049	0.049
	K ₂ O	0.039	0.037	0.037	0.028	0.036	0.036	0.036
	CaO	0.004	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
	B ₂ O ₃	0.028	0.026	0.026	0.007	0.025	0.028	0.028
	弗素化合物合計(F量換算)	0.160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	その他	0.030	0.017	0.042	0.005	0.016	0.017	0.017
	Total Ti/ N	328	291	233	539	184	679	125

【0052】

【表 9】

ワイヤNo.	実施例15	実施例16	実施例17	実施例18	実施例19	実施例20	実施例21
外皮区分	B	A	B	B	B	B	B
フラックス率(質量%)	15.5	15.5	15.5	15.0	16.0	16.0	16.0
スラグ造さい剤合計(質量%)	7.549	7.502	7.146	8.730	7.512	8.592	6.256
ワイヤ組成 (質量%)	C	0.040	0.060	0.044	0.043	0.046	0.049
	Si	0.556	0.388	0.354	0.342	0.396	0.365
	Mn	1.169	1.124	1.228	1.192	1.268	1.150
	P	0.007	0.011	0.007	0.007	0.007	0.007
	S	0.005	0.007	0.005	0.004	0.005	0.005
	Cu	0.010	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010
	Ni	0.010	0.012	0.010	0.010	0.010	0.010
	Cr	1.351	1.352	1.280	1.239	1.396	1.321
	Mo	0.457	0.460	0.457	0.443	0.472	0.452
	Al	0.007	0.032	0.007	0.007	0.007	0.007
	Al ₂ O ₃ (Al量換算)	0.041	0.041	0.047	0.032	0.043	0.042
	Al合計	0.048	0.073	0.054	0.039	0.050	0.049
	Ti	0.163	0.033	0.098	0.126	0.034	0.034
	Nb	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	Nb ₂ O ₅ (Nb量換算)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Nb合計	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	V	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	V ₂ O ₅ (V量換算)	0.003	0.003	0.002	0.004	0.003	0.003
	V合計	0.004	0.004	0.003	0.005	0.004	0.004
	B	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	B ₂ O ₃ (B量換算)	0.008	0.008	0.009	0.007	0.008	0.008
	B合計	0.008	0.008	0.009	0.007	0.008	0.008
	N	0.008	0.007	0.023	0.023	0.015	0.024
	Mg	0.232	1.487	0.728	0.704	0.751	0.799
	Zr	0.112	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
スラグ造さい剤	TiO ₂	6.674	6.674	4.336	8.017	6.889	5.355
	SiO ₂	0.352	0.352	0.851	0.280	0.363	0.363
	Al ₂ O ₃	0.078	0.078	0.089	0.060	0.080	0.080
	ZrO ₂	0.000	0.000	0.936	0.000	0.000	0.000
	MgO	0.000	0.000	0.455	0.000	0.000	0.000
	V ₂ O ₅	0.006	0.006	0.004	0.007	0.006	0.005
	Nb ₂ O ₅	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Na ₂ O	0.046	0.046	0.052	0.041	0.047	0.047
	K ₂ O	0.036	0.036	0.041	0.027	0.037	0.037
	CaO	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000
	B ₂ O ₃	0.025	0.025	0.028	0.024	0.026	0.026
	弗素化CeF ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	弗素化CaF ₂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	物合計(F量換算)	0.155	0.144	0.155	0.139	0.027	0.160
	その他	0.016	0.008	0.032	0.005	0.009	0.018
Total Ti/ N		517	558	115	218	287	135

【0053】

【表 1 0】

ワイヤNo.		実施例22	実施例23	実施例24	実施例25	実施例26	実施例27	実施例28
外皮区分		B	C	C	C	C	A	B
フラックス率(質量%)		18.0	15.0	17.0	15.0	12.0	16.0	14.0
スラグ造さい剤合計(質量%)		9.720	7.260	7.701	6.795	6.636	7.744	6.804
ワイヤ組成 (質量%)	C	0.054	0.049	0.051	0.048	0.043	0.068	0.043
	Si	0.410	0.563	0.434	0.493	0.453	0.368	0.447
	Mn	1.257	1.275	1.293	1.275	1.246	0.974	0.984
	P	0.007	0.004	0.004	0.004	0.003	0.012	0.007
	S	0.005	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.005
	Cu	0.009	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.010
	Ni	0.010	0.043	0.042	0.043	0.044	0.012	0.010
	Cr	1.483	1.269	1.253	1.341	1.293	1.522	2.250
	Mo	0.508	0.502	0.505	0.502	0.498	0.505	0.878
	Al	0.007	0.004	0.004	0.004	0.004	0.032	0.007
	Al ₂ O ₃ (Al量換算)	0.038	0.040	0.045	0.040	0.032	0.043	0.037
	Al合計	0.045	0.044	0.049	0.043	0.036	0.075	0.044
	Ti	0.114	0.002	0.144	0.127	0.002	0.001	0.001
	Nb	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	Nb ₂ O ₅ (Nb量換算)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Nb合計	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	V	0.001	0.003	0.002	0.003	0.003	0.001	0.001
	V ₂ O ₅ (V量換算)	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
	V合計	0.005	0.006	0.005	0.006	0.006	0.004	0.004
	B	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	B ₂ O ₃ (B量換算)	0.009	0.007	0.008	0.007	0.006	0.008	0.008
	B合計	0.009	0.007	0.008	0.007	0.006	0.008	0.008
	N	0.027	0.018	0.019	0.027	0.016	0.023	0.019
	Mg	0.899	0.674	0.764	0.674	0.539	0.799	0.699
	Zr	0.000	0.081	0.000	0.027	0.000	0.000	0.000
	TiO ₂	7.912	6.459	6.793	5.994	5.994	6.889	5.594
	SiO ₂	0.624	0.341	0.386	0.341	0.273	0.363	0.374
	Al ₂ O ₃	0.071	0.075	0.085	0.075	0.061	0.080	0.071
	ZrO ₂	0.604	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.094
	MgO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.133
	V ₂ O ₅	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.006	0.005
	Nb ₂ O ₅	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Na ₂ O	0.050	0.044	0.050	0.044	0.036	0.047	0.046
	K ₂ O	0.033	0.035	0.039	0.035	0.028	0.037	0.030
	CaO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
	B ₂ O ₃	0.029	0.024	0.027	0.024	0.019	0.026	0.025
	弗素NaF	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013
	弗素K ₂ SiF ₆	0.322	0.268	0.304	0.268	0.215	0.286	0.250
	弗素CeF ₃	0.045	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.116
	弗素CaF ₂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014
	弗素合計(F量換算)	0.180	0.139	0.157	0.139	0.111	0.148	0.176
	その他	0.024	0.008	0.010	0.008	0.006	0.009	0.035
	Total Ti/ N	183	215	218	138	225	178	172

【0 0 5 4】

【表 11】

ワイヤNo.		実施例29	実施例30	実施例31	実施例32	実施例33	実施例34	実施例35
外皮区分		B	B	B	D	D	B	B
フラックス率(質量%)		15.0	15.0	15.5	16.0	14.0	13.0	15.0
スラグ造さい剤合計(質量%)		7.290	7.245	7.487	7.216	6.314	7.215	8.325
ワイヤ組成 (質量%)	C	0.061	0.059	0.062	0.055	0.052	0.044	0.050
	Si	0.663	0.461	0.518	0.463	0.465	0.471	0.606
	Mn	1.037	1.035	1.062	1.251	1.232	1.236	1.240
	P	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
	S	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004
	Cu	0.010	0.010	0.009	0.012	0.012	0.010	0.010
	Ni	0.010	0.010	0.010	0.026	0.027	0.010	0.010
	Cr	2.338	2.338	2.416	2.134	2.173	1.178	1.282
	Mo	0.940	0.940	0.972	0.994	1.007	0.400	0.462
	Al	0.007	0.007	0.007	0.002	0.002	0.007	0.007
	Al ₂ O ₃ (Al量換算)	0.040	0.039	0.041	0.042	0.036	0.035	0.041
	Al合計	0.047	0.046	0.048	0.044	0.038	0.042	0.048
	Ti	0.001	0.126	0.130	0.135	0.001	0.001	0.126
	Nb	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	Nb ₂ O ₅ (Nb量換算)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Nb合計	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	V	0.001	0.001	0.001	0.003	0.003	0.001	0.001
	V ₂ O ₅ (V量換算)	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004
	V合計	0.004	0.004	0.004	0.006	0.006	0.004	0.005
	B	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	B ₂ O ₃ (B量換算)	0.008	0.006	0.006	0.006	0.005	0.008	0.009
	B合計	0.008	0.006	0.006	0.006	0.005	0.008	0.009
	N	0.021	0.021	0.021	0.018	0.017	0.010	0.010
	Mg	0.749	0.749	0.774	0.799	0.699	1.273	0.749
	Zr	0.136	0.000	0.028	0.029	0.025	0.094	0.163
	TiO ₂	5.994	5.994	6.194	6.394	5.594	6.494	7.493
	SiO ₂	0.401	0.378	0.390	0.347	0.304	0.309	0.357
	Al ₂ O ₃	0.076	0.074	0.077	0.079	0.069	0.066	0.077
	ZrO ₂	0.101	0.101	0.104	0.000	0.000	0.000	0.000
	MgO	0.143	0.143	0.148	0.000	0.000	0.000	0.000
	V ₂ O ₅	0.005	0.005	0.006	0.006	0.005	0.006	0.007
	Nb ₂ O ₅	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Na ₂ O	0.050	0.040	0.041	0.042	0.037	0.044	0.051
	K ₂ O	0.032	0.031	0.032	0.033	0.029	0.030	0.035
	CaO	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
	B ₂ O ₃	0.027	0.019	0.020	0.020	0.017	0.025	0.029
	弗素化合物合計(F量換算)	0.014	0.014	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000
	NaF	0.268	0.268	0.277	0.286	0.250	0.233	0.268
	K ₂ SiF ₆	0.125	0.125	0.129	0.000	0.000	0.000	0.000
	CeF ₃	0.015	0.015	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000
	CaF ₂	0.188	0.188	0.195	0.148	0.130	0.120	0.139
	物合計(F量換算)	0.038	0.037	0.038	0.009	0.008	0.007	0.008
	その他	0.038	0.037	0.038	0.009	0.008	0.007	0.008
	Total Ti/ N	174	180	181	215	194	400	450

【0055】

【表 1 2】

溶接電流 A (DC EP)	アーク電圧 V	溶接速度 cm/min	溶接 姿勢	シールドガス 組成 (流量 L/min.)	予熱・パス間温度 ℃	備考
270	27~32	25~30	下向	組成は表中に記載。 流量: 25 L/min.	176±15	2.25Cr-1Mo系 1.25Cr-0.5Mo系
					150±15	0.5Mo系

【0056】

【表 1 3】

溶接電流 A (DCEP)	アーク電圧 V	溶接速度 cm/min	溶接 姿勢	シールドガス 組成 (流量 L/min.)	予熱・パス間温度 ℃	備考
180	22~26	20~30	立向	組成は表中に記載。 流量: 25 L/min.	176±15	2.25Cr-1Mo系 1.25Cr-0.5Mo系
					150±15	0.5Mo系

【0057】

【表 14】

ワイヤ区分	引張性能 合格範囲			衝撃性能 合格範囲
	0. 2 %耐力	引張強さ	伸び	
比較例 1 ～ 5、 7、 9 ～ 29	Min. 470Mpa	560 ～ 690Mpa	Min. 19%	2mmVE - 18℃ Avg. 55J以上
実施例 1 ～ 5、 9 ～ 27、 34、 35				
比較例 6、 8	Min. 540Mpa	620 ～ 760Mpa	Min. 17%	
実施例 6、 8、 28 ～ 33				
実施例 7	Min. 400Mpa	480 ～ 620Mpa	Min. 20%	

実施例 7 : PWHT条件 620℃×1hr、炉冷
 実施例 7 以外 : PWHT条件 690℃×1hr、炉冷

【0058】

【表 15】

ワイヤNo.	比較例1	比較例2	比較例3	比較例4	比較例5	比較例6	比較例7	比較例8
試験板鋼種	A387 Gr. 11 Cl. 2 80%Ar+20%CO ₂	A387 Gr. 11 Cl. 2 80%Ar+20%CO ₂	A387 Gr. 11 Cl. 2 80%Ar+20%CO ₂	A387 Gr. 11 Cl. 2 80%Ar+20%CO ₂	A387 Gr. 11 Cl. 2 80%Ar+20%CO ₂	A387 Gr. 22 Cl. 2 80%Ar+20%CO ₂	A387 Gr. 11 Cl. 2 80%Ar+20%CO ₂	A387 Gr. 22 Cl. 2 80%Ar+20%CO ₂
シールドガス組成								
C	0.209	0.048	0.049	0.045	0.066	0.051	0.050	0.045
Si	0.73	0.06	1.56	0.58	0.62	0.68	0.65	0.47
Mn	1.06	1.01	1.02	0.39	1.17	1.00	1.00	0.99
P	0.007	0.007	0.008	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
S	0.009	0.010	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.010
Cu	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.014	0.015	0.014
Ni	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Cr	1.48	1.28	1.28	1.21	1.21	2.56	1.35	2.31
Mo	0.56	0.56	0.56	0.46	0.46	1.06	0.32	1.70
Al	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Ti	0.101	0.048	0.215	0.039	0.155	0.098	0.094	0.094
Nb	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002
V	0.009	0.009	0.009	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
B	0.0049	0.0005	0.0049	0.0006	0.0040	0.0046	0.0046	0.0041
N	0.012	0.013	0.013	0.011	0.011	0.013	0.013	0.013
溶接作業性	良好	不良	良好	良好	不良	良好	良好	良好
放射線透過試験※	JIS 1類以下(10C)	JIS 1類以下(BH)	JIS 1類	JIS 1類以下(BH)	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類
引張強度(MPa)	732	572	728	541	740	775	545	769
0.2%耐力(MPa)	602	475	612	445	642	683	444	660
伸び(%)	21	24	20	28	18	19	22	21
2mmE-18℃(Avg. J)	33	14	13	19	22	21	63	33
フェイバンドの有無	合格	不合格	合格	不合格	合格	合格	合格	合格

※ HC: 高温割れ発生 BH: プロローホール発生

【0059】

【表 16】

ワイヤNo.	比較例9	比較例10	比較例11	比較例12	比較例13	比較例14	比較例15
試験板鋼種	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2
シールドガス組成	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂
溶接金属の化学成分 (質量%)	C	0.055	0.062	0.053	0.053	0.052	0.047
	Si	0.74	0.51	0.42	0.42	0.42	0.36
	Mn	0.72	1.12	0.95	0.95	0.94	0.87
	P	0.007	0.007	0.007	0.008	0.008	0.007
	S	0.009	0.009	0.009	0.009	0.010	0.009
	Cu	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
	Ni	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
	Cr	1.52	1.58	1.29	1.30	1.29	1.11
	Mo	0.63	0.60	0.49	0.49	0.49	0.42
	Al	0.022	0.022	0.002	0.002	0.002	0.002
	Ti	0.169	0.204	0.081	0.069	0.074	0.088
	Nb	0.002	0.002	0.019	0.018	0.013	0.003
	V	0.007	0.008	0.010	0.022	0.026	0.007
試験結果	B	0.0052	0.0052	0.0043	0.0043	0.0043	0.0000
	N	0.014	0.014	0.012	0.012	0.012	0.008
	溶接作業性	良好	良好	良好	良好	良好	良好
	放射線透過試験※	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類
	引張強度 (MPa)	694	703	675	683	664	646
	0.2%耐力 (MPa)	597	599	590	595	559	558
	伸び (%)	25	23	24	24	23	25
	2mmVE-18℃ (Avg. J)	5	7	11	13	25	9
	フライトバンドの有無	合格	合格	合格	合格	合格	合格

【0060】

【表 17】

ワイヤNo.	比較例16	比較例17	比較例18	比較例19	比較例20	比較例21	比較例22
試験板鋼種	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2
シールドガス組成	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂
C	0.047	0.047	0.047	0.048	0.053	0.054	0.050
Si	0.36	0.36	0.35	0.40	0.42	0.43	0.39
Mn	0.87	0.87	0.85	0.84	0.77	0.79	0.90
P	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
S	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009
Cu	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Ni	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Cr	1.11	1.11	1.06	1.32	1.30	1.34	1.23
Mo	0.43	0.42	0.42	0.42	0.49	0.51	0.46
Al	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.013
Ti	0.089	0.088	0.088	0.088	0.042	0.151	0.040
Nb	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002
V	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.005
B	0.0124	0.0132	0.0037	0.0037	0.0009	0.0045	0.0045
N	0.009	0.008	0.003	0.032	0.012	0.011	0.013
溶接作業性	良好	良好	良好	不良	良好	不良	不良
放射線透過試験※	JIS 1類以下(HC)	JIS 1類以下(HC)	JIS 1類	JIS 1類以下(BH)	JIS 1類以下(BH)	JIS 1類	JIS 1類
引張強度(MPa)	674	675	663	649	652	663	673
0.2%耐力(MPa)	569	558	567	538	559	561	569
伸び(%)	25	24	25	22	25	25	25
2mmVE-18℃(Avg. I)	67	57	33	15	11	32	59
フレイトバンドの有無	合格	合格	不合格	合格	不合格	合格	不合格

※ HC：高温割れ発生 BH：ブローホール発生

【0061】

【表 1 8】

ワイヤNo.	比較例23	比較例24	比較例25	比較例26	比較例27	比較例28	比較例29
試験板鋼種	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2
シールドガス組成	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂
C	0.042	0.048	0.056	0.057	0.050	0.057	0.049
Si	0.41	0.36	0.44	0.05	0.39	0.36	0.38
Mn	0.91	0.85	0.93	0.37	0.82	0.76	0.93
P	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
S	0.009	0.009	0.009	0.010	0.009	0.009	0.009
Cu	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Ni	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Cr	1.32	1.13	1.36	1.33	1.22	1.12	1.25
Mo	0.47	0.43	0.53	0.53	0.46	0.60	0.46
Al	0.002	0.002	0.002	0.002	0.006	0.022	0.002
Ti	0.116	0.046	0.100	0.045	0.048	0.204	0.096
Nb	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003
V	0.009	0.009	0.009	0.007	0.005	0.008	0.009
B	0.0045	0.0009	0.0041	0.0009	0.0044	0.0047	0.0135
N	0.012	0.011	0.013	0.012	0.013	0.034	0.033
溶接作業性	良好	不良	不良	不良	不良	不良	不良
放射線透過試験※	JIS 1類以下(SI)	JIS 1類以下(BH)	JIS 1類	JIS 1類以下(BH)	JIS 1類	JIS 1類以下(BH)	JIS 1類以下(BH, HC)
引張強度(MPa)	679	654	665	532	573	712	673
0.2%耐力(MPa)	585	560	573	445	485	625	565
伸び(%)	26	26	25	23	25	18	21
2mmVE-18℃(Avg. I)	38	13	65	13	69	18	13
754バンドの有無	合格	不合格	合格	不合格	不合格	合格	合格

※ HC：高温割れ発生 BH：ブローホール発生 SI：スラグ巻き込み発生

【0 0 6 2】

【表 19】

ワイヤNo.	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7
試験板鋼種	A387 Gr.11 Cl.2 80%Ar+20%CO ₂	A387 Gr.11 Cl.2 80%Ar+20%CO ₂	A387 Gr.11 Cl.2 100%CO ₂	A387 Gr.11 Cl.2 100%CO ₂	A387 Gr.11 Cl.2 100%CO ₂	A387 Gr.22 Cl.2 80%Ar+20%CO ₂	A204 Gr.A 80%Ar+20%CO ₂
溶接金属の化学成分 (質量%)	C	0.147	0.043	0.044	0.054	0.053	0.043
	Si	0.53	0.08	0.73	0.37	0.24	0.41
	Mn	0.46	0.88	0.57	0.41	1.12	0.78
	P	0.012	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
	S	0.013	0.010	0.009	0.010	0.010	0.009
	Cu	0.018	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
	Ni	0.018	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
	Cr	1.08	1.24	1.19	1.44	1.44	0.11
	Mo	0.42	0.49	0.48	0.58	0.58	0.52
	Al	0.003	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002
	Ti	0.088	0.088	0.078	0.099	0.099	0.080
	Nb	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003
	V	0.007	0.007	0.006	0.008	0.008	0.007
試験結果	B	0.0043	0.0043	0.0043	0.0052	0.0052	0.0042
	N	0.011	0.011	0.011	0.013	0.013	0.013
	溶接作業性	良好	良好	良好	良好	良好	良好
	放射線透過試験	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類
	引張強度(MPa)	682	673	685	685	683	579
	0.2%耐力(MPa)	595	595	594	598	589	483
	伸び(%)	20	25	22	25	24	26
	2mmVE-18°C (Avg. J)	120	109	110	108	125	82
	フライポイントの有無	合格	合格	合格	合格	合格	合格

【0063】

【表 2 0】

ワイヤNo.	実施例8	実施例9	実施例10	実施例11	実施例12	実施例13	実施例14
試験板鋼種	A387 Gr.22 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2
シールドガス組成	100%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	100%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂
溶接金属の化学成分 (質量%)	C	0.077	0.059	0.057	0.048	0.055	0.055
	Si	0.40	0.69	0.47	0.44	0.58	0.58
	Mn	0.86	1.01	0.98	0.78	0.98	0.89
	P	0.012	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
	S	0.015	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009
	Cu	0.017	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
	Ni	0.018	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
	Cr	2.31	1.40	1.19	1.11	1.23	1.30
	Mo	1.17	0.53	0.52	0.45	0.51	0.51
	Al	0.003	0.020	0.002	0.002	0.002	0.002
	Ti	0.095	0.114	0.095	0.098	0.116	0.110
	Nb	0.002	0.003	0.007	0.003	0.002	0.002
	V	0.008	0.007	0.013	0.007	0.007	0.007
試験結果	B	0.0051	0.0046	0.0046	0.0014	0.0104	0.0050
	N	0.012	0.013	0.016	0.006	0.020	0.028
	溶接作業性	良好	良好	良好	良好	良好	良好
	放射線透過試験	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類
	引張強度(MPa)	716	673	663	661	681	679
	0.2%耐力(MPa)	623	591	572	562	578	567
	伸び(%)	25	25	25	27	24	23
	2mmVE-18℃(Avg.)	118	108	92	62	75	89
	フライトバンドの有無	合格	合格	合格	合格	合格	合格

【0 0 6 4】

【表 21】

ワイヤNo.	実施例15	実施例16	実施例17	実施例18	実施例19	実施例20	実施例21
試験板鋼種	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2
シールドガス組成	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂
溶接金属の化学成分 (質量%)	C	0.049	0.073	0.053	0.052	0.055	0.056
	Si	0.61	0.43	0.39	0.38	0.43	0.44
	Mn	0.85	0.82	0.89	0.88	0.92	0.93
	P	0.007	0.012	0.008	0.007	0.007	0.007
	S	0.009	0.013	0.010	0.009	0.009	0.009
	Cu	0.015	0.017	0.015	0.015	0.015	0.015
	Ni	0.015	0.017	0.015	0.015	0.015	0.015
	Cr	1.30	1.30	1.23	1.21	1.34	1.36
	Mo	0.51	0.51	0.51	0.50	0.52	0.53
	Al	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
	Ti	0.113	0.109	0.073	0.135	0.113	0.118
	Nb	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002
	V	0.007	0.007	0.005	0.008	0.007	0.006
試験結果	B	0.0045	0.0045	0.0050	0.0044	0.0046	0.0045
	N	0.007	0.006	0.020	0.020	0.013	0.021
	溶接作業性	良好	良好	良好	良好	良好	良好
	放射線透過試験	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類
	引張強度 (MPa)	649	665	647	673	669	662
	0.2%耐力 (MPa)	538	561	552	569	553	565
	伸び (%)	28	26	24	22	24	24
	2mmVE-18°C (Avg. J)	95	88	84	76	113	82
	ファイバードの有無	合格	合格	合格	合格	合格	合格

【0065】

【表 22】

ワイヤNo.	実施例22	実施例23	実施例24	実施例25	実施例26	実施例27	実施例28
試験板鋼種	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.11 Cl.2	A387 Gr.22 Cl.2
シールドガス組成	80%Ar+20%CO ₂	98%Ar+2%O ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂
溶接金属の化学成分 (質量%)	C	0.067	0.059	0.061	0.058	0.051	0.051
	Si	0.46	0.63	0.48	0.54	0.49	0.49
	Mn	0.94	1.10	0.94	0.92	0.90	0.71
	P	0.008	0.004	0.004	0.004	0.004	0.007
	S	0.009	0.014	0.014	0.014	0.013	0.009
	Cu	0.015	0.017	0.017	0.017	0.017	0.015
	Ni	0.015	0.063	0.061	0.062	0.064	0.015
	Cr	1.46	1.30	1.21	1.28	1.23	2.15
	Mo	0.58	0.56	0.56	0.55	0.55	0.97
	Al	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	Ti	0.135	0.104	0.114	0.100	0.081	0.076
	Nb	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002
	V	0.008	0.010	0.009	0.009	0.010	0.006
	B	0.0053	0.0043	0.0049	0.0043	0.0034	0.0045
	N	0.024	0.016	0.017	0.023	0.014	0.017
試験結果	溶接作業性	良好	良好	良好	良好	良好	良好
	放射線透過試験	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類
	引張強度 (MPa)	672	659	662	667	672	721
	0.2%耐力 (MPa)	574	549	553	559	562	630
	伸び (%)	23	24	25	24	26	26
	2mmV-E-18°C (Avg. J)	78	79	88	81	65	63
	ワイヤノットの有無	合格	合格	合格	合格	合格	合格

【0066】

【表 2 3】

ワイヤNo.	実施例29	実施例30	実施例31	実施例32	実施例33	実施例34	実施例35
試験板鋼種	A387 Gr. 22 Cl. 2	A387 Gr. 22 Cl. 2	A387 Gr. 22 Cl. 2	A387 Gr. 22 Cl. 2	A387 Gr. 22 Cl. 2	A387 Gr. 11 Cl. 2	A387 Gr. 11 Cl. 2
シールドガス組成	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂	80%Ar+20%CO ₂
溶接金属の化学成分 (質量%)	C	0.073	0.071	0.074	0.066	0.061	0.061
	Si	0.73	0.50	0.57	0.51	0.50	0.51
	Mn	0.75	0.75	0.77	0.91	0.88	0.90
	P	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
	S	0.009	0.010	0.010	0.010	0.010	0.009
	Cu	0.015	0.015	0.015	0.018	0.018	0.015
	Ni	0.015	0.015	0.015	0.038	0.039	0.015
	Cr	2.24	2.24	2.32	2.05	2.06	1.24
	Mo	1.04	1.04	1.08	1.10	1.10	0.52
	Al	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	Ti	0.082	0.100	0.104	0.107	0.075	0.106
	Nb	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003
	V	0.007	0.007	0.007	0.010	0.011	0.008
試験結果	B	0.0049	0.0034	0.0036	0.0036	0.0031	0.0053
	N	0.018	0.018	0.019	0.016	0.015	0.009
	溶接作業性	良好	良好	良好	良好	良好	良好
	放射線透過試験	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類	JIS 1類
	引張強度(MPa)	732	742	748	746	732	678
	0.2%耐力(MPa)	641	651	653	655	631	569
	伸び(%)	26	25	25	25	26	25
	2mmvE-18℃(Avg. J)	81	83	89	89	81	110
	ファイバードの有無	合格	合格	合格	合格	合格	合格

【0 0 6 7】

以下、各比較例及び実施例のフラックス入りワイヤを使用した試験結果について説明する。

【0068】

比較例1は、C含有量が本発明の上限値である0.20質量%を超えているので、Cに起因した高温割れが認められると共に、引張強度が過度に大きくなり、所定の衝撃性能を満足できなかった。

【0069】

比較例2は、Si含有量が本発明の下限値である0.06質量%を外れているので、溶接金属の粘性が不足して立向溶接のビード形状が凸ビードとなり不良となった。また、脱酸不足のためにブローホールが発生し、更にBの歩留り低下によって、靱性が低下し、所定の衝撃性能を満足できなかった。更に、TiO₂の還元不足のために、フェライトバンドの形成を抑制するTiNの析出物の量を確保することができず、フェライトバンドが発生した。

【0070】

比較例3は、Si含有量が本発明の上限値である1.10質量%を超えているので、引張強度が過度に大きくなると共に、TiO₂が過度に還元されて固溶Tiが増加したために、靱性が劣化して、所定の衝撃性能を満足できなかった。

【0071】

比較例4は、Mn含有量が本発明の下限値である0.55質量%を外れており、溶接作業性には支障がなかったものの、脱酸不足のためにブローホールが発生し、更に焼入不足及びBの歩留り低下によって、引張強度、0.2%耐力及び靱性が低下し、これら夫々に対応する所定の各性能を満足できなかった。更に、TiO₂の還元不足のために、フェライトバンドの形成を抑制するTiNの析出量が確保されず、フェライトバンドが発生した。

【0072】

比較例5は、Mn含有量が本発明の上限値である1.60質量%を超えているので、溶融金属の流動性が過度に大きくなって、立向溶接のビード形状が凸型を呈し不良となった。また、引張強度が過度に大きくなった上、TiO₂が過度に還元されて固溶Tiが増加したために、靱性が劣化して、所定の衝撃性能を満足

できなかった。

【 0 0 7 3 】

比較例 6 は、C r 含有量が本発明の上限値である 2 . 6 0 質量%を超えているので、引張強度が過度に大きくなって、靱性が劣化し、所定の衝撃性能を満足できなかった。

【 0 0 7 4 】

比較例 7 は、M o 含有量が本発明の下限値である 0 . 3 0 質量%を外れているので、引張強度及び 0 . 2 %耐力が低下し、強度性能が劣化した。

【 0 0 7 5 】

比較例 8 は、M o 含有量が本発明の上限値である 1 . 5 0 質量%を超えているので、引張強度が過度に大きくなって、靱性が劣化し、所定の衝撃性能を満足できなかった。

【 0 0 7 6 】

比較例 9 及び 1 0 はいずれも、A l 含有量が本発明の上限値である 0 . 5 0 質量%を超えているので、溶接金属が硬化及び脆化して、引張強度が過度に大きくなって、靱性が劣化し、所定の衝撃性能を満足できなかった。

【 0 0 7 7 】

比較例 1 1 及び 1 2 はいずれも、N b 含有量が本発明の上限値である 0 . 0 1 5 質量%を超えているので、靱性が低下し、所定の衝撃性能を満足できなかった。

【 0 0 7 8 】

比較例 1 3 及び 1 4 はいずれも、V 含有量が本発明の上限値である 0 . 0 1 5 質量%を超えているので、靱性が低下し、所定の衝撃性能を満足できなかった。

【 0 0 7 9 】

比較例 1 5 は、B 含有量が本発明の下限値である 0 . 0 0 1 質量%を外れているので、溶接金属のミクロ組織が微細化せず、靱性が低下し、所定の衝撃性能を満足できなかった。

【 0 0 8 0 】

比較例 1 6 及び 1 7 はいずれも、B 含有量が本発明の上限値である 0 . 0 2 0

質量%を超えているので、高温割れが発生した。

【0081】

比較例18は、N含有量が本発明の下限值である0.005質量%を外れているので、固溶TiをTiNの析出物として固定することができず、靱性が低下し、所定の衝撃性能を満足できなかった。更に、フェライトバンドの形成を抑制するTiNの析出量が確保されず、フェライトバンドが発生した。

【0082】

比較例19は、N含有量が本発明の上限値である0.035質量%を超えているので、スラグ剥離性が劣化し、またブローホールが発生した。更に、固溶Nが増加したために、靱性が劣化し、所定の衝撃性能を満足できなかった。

【0083】

比較例20は、Mg含有量が本発明の下限值である0.20質量%を外れているので、脱酸不足のためにブローホールが発生し、またBの歩留が低下して靱性が劣化し、所定の衝撃性能を満足できなかった。更に、TiO₂の還元不足のために、フェライトバンドの形成を抑制するTiNの析出物の量を確保することができず、フェライトバンドが発生した。

【0084】

比較例21は、Mg含有量が本発明の上限値である1.50質量%を超えているので、スパッタが著しく増加した。またTiO₂が過度に還元されて固溶Tiが増加したために、靱性が劣化して、所定の衝撃性能を満足できなかった。

【0085】

比較例22は、TiO₂含有量が本発明の下限值である4.2質量%を外れているので、アークの安定性が損なわれて、溶接作業性が実用に耐えることができなかった。またTiO₂含有量が少なかったために、TiO₂の還元量の不足のために、生成するTi量が減少し、フェライトバンドの形成を抑制するTiNの析出物の量を確保することができず、フェライトバンドが発生した。

【0086】

比較例23は、TiO₂含有量が本発明の上限値である8.2質量%を超えているので、溶接時にスラグが溶融プールを先行して覆ってしまう現象が発生した。

。このため、溶接金属にスラグの巻込み欠陥が発生した。また、溶接金属の酸素含有量が増加して、靱性が劣化して、所定の衝撃性能を満足できなかった。

【 0 0 8 7 】

比較例 2 4 は、弗素化合物の含有量が F 換算値で本発明の下限值である 0 . 0 2 5 質量%を外れているので、アークの安定性が損なわれて、溶接作業性が実用に耐えることができなかった。また脱酸不足となり、ブローホールが発生した。更に、B の歩留が低下して靱性が劣化し、所定の衝撃性能を満足できなかった。一方、 TiO_2 の還元不足のために、フェライトバンドの形成を抑制する TiN の析出物の量を確保することができず、フェライトバンドが発生した。

【 0 0 8 8 】

比較例 2 5 は、弗素化合物の含有量が F 換算値で本発明の上限値である 0 . 5 5 質量%を超えているので、スラグの流動性が過度に大きくなってビードの被包性が損なわれ、立向溶接のビード形状が凸ビードとなり不良となった。

【 0 0 8 9 】

比較例 2 6 は、 Si 及び Mn 含有量がいずれも本発明の夫々の下限値である 0 . 0 6 質量%及び 0 . 5 5 質量%を外れているので、溶接金属の粘性が不足して立向溶接のビード形状が凸型となり不良となった。また脱酸不足となり、ブローホールが発生した。更に、B の歩留が低下して靱性が劣化し、所定の衝撃性能を満足できなかった。更にまた、 TiO_2 の還元不足のために、フェライトバンドの形成を抑制する TiN の析出量が確保されず、フェライトバンドが発生した。

【 0 0 9 0 】

比較例 2 7 は、 TiO_2 含有量が本発明の下限値である 4 . 2 質量%を外れており、且つ弗素化合物の含有量が F 換算値で本発明の上限値である 0 . 5 5 質量%を超えているので、アークの安定性が劣化すると共に、ビードの被包性が損なわれて、立向溶接のビード形状が凸型となり不良となった。また TiO_2 含有量が少なかったために、還元生成する Ti 量が少なく、フェライトバンドの形成を抑制する TiN の析出物の量を確保することができず、フェライトバンドが発生した。

【 0 0 9 1 】

比較例 28 は、Al 及び N 含有量がいずれも本発明の夫々の上限値である 0.50 質量% 及び 0.035 質量% を超えているので、スラグ剥離性が劣化すると共に、ブローホールが発生した。また Al 含有量の過多に起因して溶接金属が硬化したために、引張強度が過度に大きくなり、また N 含有量の過多に起因して固溶 N の量が増加して、靱性が劣化して、所定の衝撃性能を満足できなかった。

【0092】

比較例 29 は、B 及び N 含有量がいずれも本発明の夫々の上限値である 0.20 質量% 及び 0.035 質量% を超えているので、スラグ剥離性が劣化すると共に、ブローホールが発生した。また N 含有量の過多に起因して固溶 N の量が増加して、靱性が劣化して、所定の衝撃性能を満足できなかった。

【0093】

上述した比較例 1 乃至 29 のフラックス入りワイヤに対して、実施例 1 乃至 35 のフラックス入りワイヤは、C、Si、Mn、Cr、Mo、Mg、N 及び B 含有量が、本発明の成分組成の規定値を満足しており、 TiO_2 及び弗素化合物がフラックス中に含有されており、且つ TiO_2 含有量及び弗素化合物の含有量の F 換算値がいずれも本発明の成分組成の規定値を満足しており、しかも Al、Nb 及び V 含有量がいずれも本発明の成分組成の規制値以下となっている。その結果、実施例 1 乃至 35 のフラックス入りワイヤを使用した試験においてはいずれも、放射線透過性能が良好であり、PWH T の後の引張強度及び靱性は優れており、また長時間、高温の PWH T の後でもフェライトバンドの発生は全く認められず、全て合格となった。また、実施例 1 乃至 10、実施例 12 乃至 25、及び実施例 29 乃至 35 は、Ti 及び / 又は Zr が含有されており、その含有量は夫々 Ti 及び / 又は Zr が、本発明における好ましい範囲の含有量を満足しているので、他の実施例と比較して、靱性が一層優れている。更に、実施例 5 を除く実施例は全て、Mn 含有量が、本発明における好ましい Mn 含有量の上限値である 1.45 質量% 以下となっているので、立向溶接のビード形状が極めて良好であった。

【0094】

更に、実施例 1 乃至 6、8、9、19、20、34 及び 35 は、Total Ti 含

有量／N含有量の値が250乃至500の範囲内にあるので、他の実施例を比較して靱性がより一層優れていた。この状況を図2に示す。これは実施例について整理したTotal Ti含有量／N含有量とシャルピー衝撃値 $2\text{ mm V E} - 18^{\circ}\text{C}$ (Avg.)との関係を示すグラフである。

【0095】

【発明の効果】

以上詳述したように、本発明によれば、長時間、高温のPWHTを受けても、フェライトバンドの発生が抑制され、このため引張強度の低下が防止され、且つ靱性が優れた溶接金属を得ることができる。しかも、本発明により、下向姿勢のみならず、立向及び上向姿勢においても溶接作業性が良好である低合金耐熱鋼用ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤが得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

実施例及び比較例における被溶接材の開先形状を示す図である。

【図2】

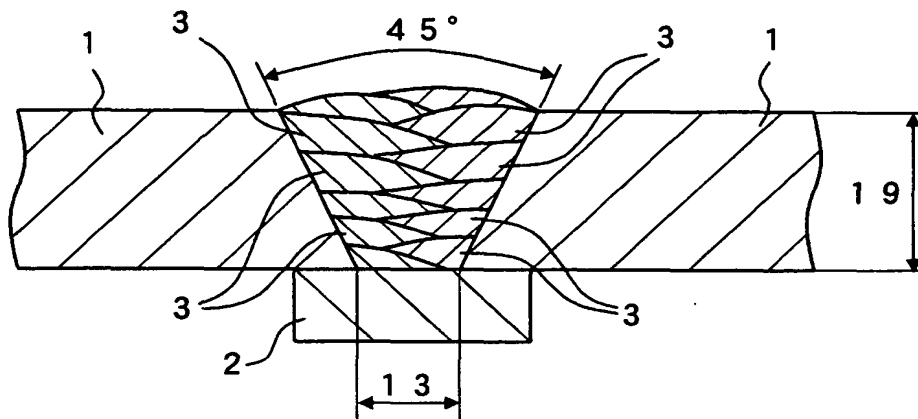
実施例についてのTotal Ti含有量／N含有量の値とシャルピー衝撃値 $2\text{ mm V E} - 18^{\circ}\text{C}$ (Avg.)との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

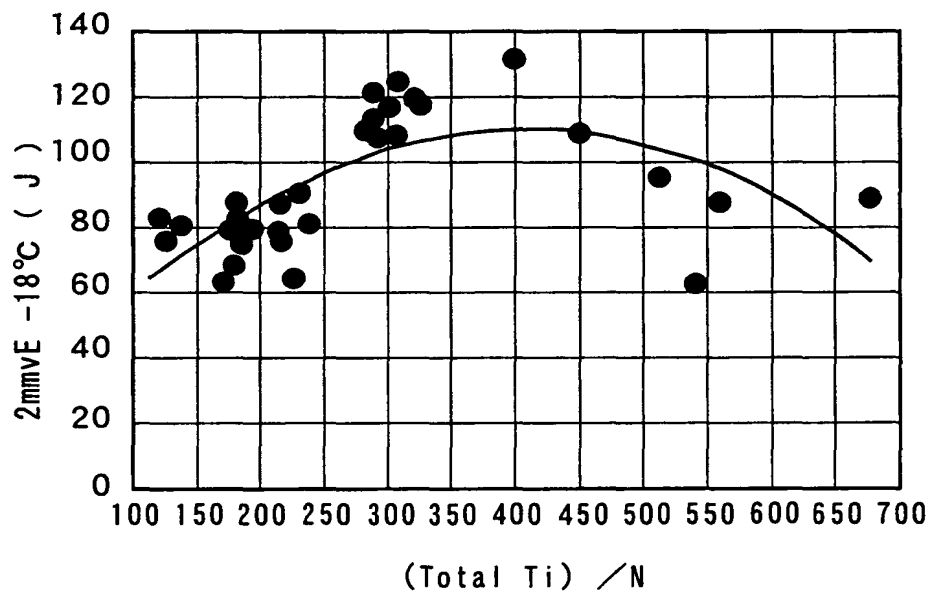
- 1 ; 鋼板
- 2 ; 裏当材
- 3 ; 溶着金属

【書類名】 図面

【図 1】



【図 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 長時間、高温の P W H T 後でもフェライトバンドが発生せず、引張強度の低下が抑制され、靱性が優れた溶接金属が得られ、且つ溶接作業性が良好な低合金耐熱鋼用ガスシールドアーク溶接用フラックス入りワイヤを得る。

【解決手段】 鋼製外皮にフラックスを充填し、ワイヤ全質量あたり％表示で、C : 0 . 2 0 % 以下、S i : 0 . 0 6 乃至 1 . 1 0 %、M n : 0 . 5 5 乃至 1 . 6 0 %、C r : 2 . 6 0 % 以下、M o : 0 . 3 0 乃至 1 . 5 0 %、M g : 0 . 2 0 乃至 1 . 5 0 %、N : 0 . 0 0 5 乃至 0 . 0 3 5 % 及び B : 0 . 0 0 1 乃至 0 . 0 2 0 % を含有し、フラックス中にワイヤ全質量あたり TiO_2 : 4 . 2 乃至 8 . 2 % 及び弗素化合物 (F 換算値) : 0 . 0 2 5 乃至 0 . 5 5 % を含有し、ワイヤ全質量あたり A l を 0 . 5 0 % 以下、N b を 0 . 0 1 5 % 以下、V を 0 . 0 1 5 % 以下に規制する。

【選択図】 図 1

認 定 ・ 付 加 情 報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 2 1 8 2 3 6
受付番号	5 0 2 0 1 1 0 6 6 3 2
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0 0 9 2
作成日	平成 1 4 年 7 月 2 9 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成14年 7月26日

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 1 1 9 9]

1. 変更年月日 2 0 0 2 年 3 月 6 日

[変更理由] 住所変更

住 所 兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目 1 0 番 2 6 号
氏 名 株式会社神戸製鋼所